

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the U.S. Postal Service as Express Mail, Airbill No. EV 311 019 071 US, in an envelope addressed to: MS Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on the date shown below.

Dated: October 23, 2003

Signature:

(Anthony A. Laurentano)

Docket No.: TAW-007
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Masahiro Ohta, *et al.*

Application No.: NEW APPLICATION

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: N/A

For: ACTUATOR

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENT

MS Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants hereby claim priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

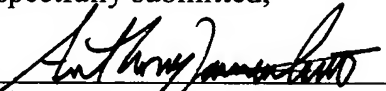
<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2002-308083	October 23, 2002

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Applicant believes no fee is due with this response. However, if a fee is due, please charge our Deposit Account No. 12-0080, under Order No. TAW-007 from which the undersigned is authorized to draw.

Dated: October 23, 2003

Respectfully submitted,

By 

Anthony A. Laurentano
Registration No.: 38,220
LAHIVE & COCKFIELD, LLP
28 State Street
Boston, Massachusetts 02109
(617) 227-7400
(617) 742-4214 (Fax)
Attorney/Agent For Applicant

TAW-007

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年10月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-308083

[ST.10/C]:

[JP 2002-308083]

出 願 人

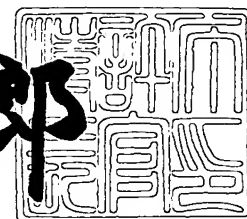
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3030550

【書類名】 特許願

【整理番号】 H0-0331

【あて先】 特許庁長官 殿

【提出日】 平成14年10月23日

【国際特許分類】 F03G 7/06

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研
究所内

【氏名】 大田 正弘

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央一丁目4番1号 株式会社本田技術研
究所内

【氏名】 鋤柄 宜

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080012

【弁理士】

【氏名又は名称】 高石 橘馬

【電話番号】 03(5228)6355

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009324

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9713034

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アクチュエータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 双晶構造を有する物質からなる磁性形状記憶弾性部材と、磁場発生体とを有し、前記磁性形状記憶弾性部材の少なくとも一部は前記磁場発生体から発生する磁場の磁場勾配中に配置されており、前記磁場により前記双晶構造が再配向し、もって前記形状記憶弾性部材が駆動されることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のアクチュエータにおいて、前記磁場勾配中で発生する応力により前記双晶構造が再配向することを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載のアクチュエータにおいて、前記磁性形状記憶弾性部材が磁場勾配の最も大きい位置に配置されていることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のアクチュエータにおいて、前記形状記憶弾性部材がコイルバネ又は板バネであることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載のアクチュエータにおいて、前記磁場が 20 kOe 以下であることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載のアクチュエータにおいて、前記双晶構造を有する物質が Fe-Pd 合金であることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載のアクチュエータにおいて、前記双晶構造を有する物質のマルテンサイト変態開始温度 M_s 付近で駆動されることを特徴とするアクチュエータ。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載のアクチュエータにおいて、前記磁場発生体が前記磁性形状記憶弾性部材の両端部に配置されていることを特徴とするアクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、大きなストローク及び負荷を与えるバネ等の磁性形状記憶合金部材を比較的小さな磁場で駆動するアクチュエータに関する。

【0002】

【従来の技術】

ロボット、工作機械、自動車等の電磁モータを利用する分野では、駆動システムの軽量化が求められている。しかし電磁モータの出力密度はモータの重量に依存するため、電磁モータを利用したアクチュエータの軽量化には限界がある。そのため、小型軽量化が可能であるとともに、大きな出力が得られるアクチュエータが望まれている。

【0003】

アクチュエータに要求される条件としては、駆動力により可動部は所望の位置に変位し、非動作状態になると可動部は必ず基準位置に戻り、かつ大きな負荷があっても可動部を駆動し得るように大きな出力が得られること等が挙げられる。非動作状態になると可動部が必ず基準位置に戻るためには、可動部の偏圧部材としてバネを使用する必要があるが、バネの反発力が大きいと、バネ力に逆らって可動部を駆動するのに大きな力が必要となる。そのため、僅かな力で変位するバネが望まれる。

【0004】

アクチュエータ材料のうち、形状記憶合金は約5%にも及ぶ大きな変位（形状回復歪み）が得られるため特に注目されている。形状記憶合金は、ある一定温度で塑性変形したものを合金変態温度以上の温度にすると元の形状に戻る物質である。すなわち、高温相のオーステナイト相で形状を拘束し、熱処理することにより合金に形状を記憶させ、低温相であるマルテンサイト相で変形した後加熱すると、逆変態機構により元の形状に戻る現象をアクチュエータとして利用するものである。しかしながら、温度変化によって形状記憶現象を発現させるには加熱と冷却による制御が必要であり、特に冷却時の熱拡散が律速になって温度制御に対する応答性が低いことが問題となる。

【0005】

このため、相転移構造（双晶構造）を有する磁性形状記憶合金を用いたアクチュエータが提案されている（例えば、特許文献 1 及び 2 参照。）。このアクチュエータの駆動原理は、マルテンサイト状態における定磁場印加によりマルテンサイト単位セル（セル内の磁化ベクトル）が磁場方向へ再配向することに伴う変形であると考えられている。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、定磁場印加の場合、Fe-Pd合金等の加工性に優れた磁性形状記憶合金の薄体（例えば、特許文献 3 参照。）や薄膜試料（例えば、特許文献 4 参照。）では、1 ～ 2 kOeの比較的小さな定磁場である程度の歪みが生じるが、バネ形状のバルク部材のように大きなストローク及び負荷を与えるアクチュエータ部材に歪み（変形）を生じさせるには非常に大きな定磁場が必要となる。例えば、Fe-Ni-Co-Ti合金バルク部材は400 kOeの印加で変形が開始し、バネ形状Fe-Pd合金部材では20 kOeまでの印加で歪みは0である。このため、比較的小さな磁場で、大きなストローク及び負荷を与えるバネ等の磁性形状記憶合金部材を駆動するアクチュエータが望まれる。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】

特表平11-509368号公報

【特許文献 2】

特表2001-525159号公報

【特許文献 3】

特開平11-269611号公報

【特許文献 4】

特開2001-329347号公報

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

従って本発明の目的は、応答性がよく、比較的小さい印加磁場で変位量及び発生力が大きく、精密制御が可能なアクチュエータを提供することである。

【 0 0 0 9 】

【課題を解決するための手段】

上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、双晶構造を有する磁性形状記憶合金に磁場を作用させたときに生じる応力は、印加された磁場の勾配に比例すること、この応力はマルテンサイト単位セルの再配向による変形を生じさせることから、アクチュエータの磁性形状記憶合金を磁場勾配中に配置し、磁場を印加することにより、アクチュエータを駆動できることを発見し、本発明に想到した。

【0010】

すなわち、本発明のアクチュエータは、双晶構造を有する物質からなる磁性形状記憶弾性部材と、磁場発生体とを有し、前記磁性形状記憶弾性部材の少なくとも一部は前記磁場発生体から発生する磁場の磁場勾配中に配置されており、前記磁場により前記双晶構造が再配向し、もって前記形状記憶弾性部材が駆動されることを特徴とする。

【0011】

アクチュエータは、磁場を印加したときの磁場勾配中で発生する応力により双晶構造が再配向し、駆動される。前記磁性形状記憶弾性部材は、磁場勾配の最も大きい位置に配置されているのが好ましい。磁場勾配の最も大きい位置では磁性形状記憶弾性部材に作用する応力が最大になるため、低磁場においても磁性形状記憶弾性部材の双晶構造の再配向を誘起することが可能になる。

【0012】

アクチュエータの磁性形状記憶弾性部材をコイルバネ又は板バネとすることができる。磁場発生体から発生する磁場は20 kOe以下であるのが好ましく、双晶構造を有する物質は、加工性の観点からFe-Pd合金であるのが好ましい。従って、磁性形状記憶弾性部材を磁場勾配中に置くことにより、20 kOe以下の低磁場であってもコイルバネ又は板バネに変位を与えることができる。

【0013】

アクチュエータは、双晶構造を有する物質のマルテンサイト変態開始温度 M_s 付近で駆動されるのが好ましい。磁場発生体を磁性形状記憶弾性部材の両端部に配置することによりより大きな磁場勾配を得ることができる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

本発明のアクチュエータは磁性形状記憶弾性部材及び磁場発生体を有し、磁性形状記憶弾性部材はその少なくとも一部が磁場発生体から発生する磁場の磁場勾配中に配置されており、磁場発生体を与える磁力によって駆動される。

【 0 0 1 5 】

磁性形状記憶弾性部材は、外部磁場が作用する領域において双晶構造が再配向することにより形状変化する。マルテンサイト相に相変態した磁性形状記憶合金に磁場を作用させると、マルテンサイト双晶（バリエーション）界面が外部磁場方向に移動して再配向が起きる。図 1 (a)に示すように外部磁場がない状態では磁化ベクトルの異なる 2 つの変態相を有するが、図 2 (b)に示すように外部磁場により双晶構造が回転し、磁場方向に配向している変態相がもう一方の相に代わって拡大成長する。このように磁場の方向に双晶界面が移動して磁性形状記憶合金に変位が生じる。このような変位は、温度や外部応力によっても誘起される。

【 0 0 1 6 】

本発明のアクチュエータの原理を図 2 ～ 4 を参照して説明する。図 2 はコイル状の磁性形状記憶弾性部材 1 とそれに作用させる磁場を発生する磁場発生体 2 を示す。磁場発生体 2 は一对の対向する磁極を有し、磁性形状記憶弾性部材 1 の部位 A はその磁極の外側に配置され、部位 B は対向する磁極の間に配置されている。図 3 はこのように配置された状態で、20℃で磁場発生体 2 へ通電し磁場を発生させたときの、磁場の強さ H と変位との関係を示す。磁性形状記憶弾性部材 1 の部位 A では、図 3 に示すように磁場の強さ H の増大に伴い変位が大きくなる。これに対し磁性形状記憶弾性部材 1 の部位 B では図 3 に示すように 20 kOe まで変位が発生しない。

【 0 0 1 7 】

これは、部位 A は傾斜磁場に配置され、下記式に示すように磁場による応力を受けるためである。これに対し、部位 B は定磁場に配置されており、磁場勾配が 0 となる。このため、部位 B では応力が発生せず、変位を生じない。応力 (F) は磁場勾配 (dh/dx) に比例するため、磁性形状記憶弾性部材を磁場勾配が最大

になる位置に配置することにより磁場から受ける応力を最大にすることができる。

$$F = \text{grad}M \cdot H = \rho m(dH/dx)$$

(式中、Fは電磁力を表し、Mは磁気モーメントを表し、Hは磁場の強さを表し、mは磁化率を表し、 ρ は材料密度を表し、xは距離を表し、 dH/dx は磁場勾配を表す。)

【0018】

図4は磁性形状記憶弾性部材1としてコイル状のFe-Pd合金を用い、磁性形状記憶弾性部材1を磁場発生体2から発生する磁場の磁場勾配中に配置し、磁性形状記憶弾性部材1に磁場を作用させたときの磁場の強さHに対する歪み量(変位)の変化を示す。図4に示すように、磁性形状記憶弾性部材1の温度を-30~25℃に設定し、磁性形状記憶弾性部材1に磁場を作用させると、いずれの場合も磁場(H)が強くなるに伴い応力による変位が発生する。ところが、マルテンサイト相に相変態しない温度(-30℃、25℃)では、1 kOe付近の低磁場では25 ppm以下の変位しか発生しないのに対し、Fe-Pd合金を0℃付近に冷却し、Fe-Pd合金をマルテンサイト相に相変態した場合には、1 kOe付近の磁場で80 ppm程度の変位が発生する。これはマルテンサイト相変態した磁性形状記憶弾性部材の双晶構造が再配向(相転移)することによる。すなわち、マルテンサイト相の磁性形状記憶弾性部材1を磁場勾配中に配置し、磁場を作用させると磁性形状記憶弾性部材1に応力が働き、この応力により双晶構造の再配向が誘起され、変位が発生する。双晶構造の再配向に要する応力は、磁性形状記憶弾性部材1に変位を発生させる応力よりもわずかで足りるため、1 kOe付近の低磁場であっても比較的大きな変位を発生させることが可能になる。

【0019】

このように本発明のアクチュエータは、磁性形状記憶弾性部材の双晶構造が再配向することにより、単なる磁場による吸引力では歪みがほとんど発生しないような低磁場でアクチュエータを駆動することができる。また、磁性形状記憶弾性部材を磁場勾配中に配置して応力を発生させることにより、定磁場においては双晶構造の再配向が起きないような低磁場であっても双晶構造の再配向が誘起され

、アクチュエータを駆動することができる。

【 0 0 2 0 】

アクチュエータの磁性形状記憶弾性部材としては、板材、丸材、線材、薄膜等を用いることができる。磁性形状記憶弾性部材は大きなストローク及び負荷を与えるコイルバネ又は板バネとすることができる。アクチュエータを小型軽量化する観点からは、コイルバネ又は板バネからなる磁性形状記憶弾性部材をできるだけ低磁場で駆動するのが好ましい。本発明のアクチュエータでは、磁性形状記憶弾性部材に作用させる磁場は20 kOe以下が好ましく、5 kOe以下がより好ましく、1～2 kOeがさらに好ましい。

【 0 0 2 1 】

本発明のアクチュエータは、磁性形状記憶弾性部材を磁場勾配の最も大きい位置に、また変形が最も大きく生じる方向に配置するのが好ましい。このように配置することにより相転移に要するエネルギーに占める応力場エネルギーの寄与率が高くなり、アクチュエータをより低磁場で駆動することができる。

【 0 0 2 2 】

形状記憶合金を示差熱分析計、示差動走査熱量計等で測定しながらオーステナイト相から徐々に冷却するとマルテンサイト変態開始温度 M_s を記録し、さらに冷却するとマルテンサイト変態終了温度 M_f を記録する。逆にマルテンサイト変態開始温度 M_s から徐々に加熱するとオーステナイト変態開始温度 A_s を記録し、さらに加熱するとオーステナイト変態終了温度を記録する。アクチュエータは、温度による影響が小さいオーステナイト変態開始温度 A_s 以下で使用するが、マルテンサイト相の温度域では初透磁率が低い。このため、マルテンサイト変態開始温度 M_s 付近で使用するのが好ましい。

【 0 0 2 3 】

磁性形状記憶合金としては、上記Fe-Pd合金の他、Fe-Pt合金、 Ni_2 -Mn-Ga合金等を用いることができる。なかでもFe-Pd合金が加工性に優れるため好ましい。

【 0 0 2 4 】

以上のように本発明のアクチュエータは、磁場により双晶構造の再配向を誘起して形状記憶弾性部材を駆動する。アクチュエータは、磁場による応力以外に、

駆動部に補助応力を印加する構成としてもよい。補助応力を印加する方法は特に限定されないが、例えばアクチュエータの磁性形状記憶弾性部材に磁性体を取り付け、その荷重による応力を印加する等の方法を用いることができる。

【 0 0 2 5 】

図 5 は本発明のアクチュエータの一例を示す。コイルバネ状の磁性形状記憶弾性部材 1 と異なる磁極が対向するように配置された磁場発生体 2 を有し、磁性形状記憶弾性部材 1 の一端部 1 a は基体 5 に支持されている。図 5 (a) に示す例では磁性形状記憶弾性部材 1 の一端部 1 a は上側に配置され、磁性形状記憶弾性部材 1 の下方で磁性形状記憶弾性部材 1 の軸線と垂直に配置された一对の磁場発生体 2 が設けられている。図 5 (b) に示す例では磁性形状記憶弾性部材 1 の一端部 1 a は下側に配置され、磁性形状記憶弾性部材 1 の下方で磁性形状記憶弾性部材 1 の軸線と垂直に配置された一对の磁場発生体 2 が設けられている。

【 0 0 2 6 】

図 5 (a) の場合、磁性形状記憶弾性部材 1 は引張りコイルバネであり、磁場発生体 2 への通電により磁場が発生すると、磁場により相転移（双晶構造の再配向）が誘起され磁性形状記憶弾性部材 1 は下方に駆動される。図 5 (b) の場合、磁性形状記憶弾性部材 1 は圧縮コイルバネであり、磁場発生体 2 への通電により磁場が発生すると、磁場により相転移が誘起され磁性形状記憶弾性部材 1 は下方に駆動される。いずれの場合も磁場発生体 2 への通電を停止すると、磁場が消失するので、コイルバネは元の状態に戻る。このように、磁場発生体 2 への通電をオンオフすることにより、矢印で示す方向に磁性形状記憶弾性部材 1 を駆動することができる。

【 0 0 2 7 】

上記の例において、アクチュエータを構成する磁性形状記憶弾性部材 1 は、相転移による動作方向に応じて予めマルテンサイト相側で塑性変形を生じさせておく。例えば、磁性形状記憶弾性部材 1 が引張りコイルバネであり、引張り方向の応力を発生させる場合には、予めコイルバネを圧縮変形させておく。また、磁性形状記憶弾性部材 1 が圧縮コイルバネであり、圧縮方向に応力を発生させる場合には、予めマルテンサイト相側でコイルバネを引張り変形させておく。磁場発生

体 2 としては通常の電磁コイルでよい。磁場発生体 2 は図 1 に示すように異なる磁極が対向するように配置されている場合に限られず、同じ磁極が対向するように配置されていてもよい。

【 0 0 2 8 】

磁性形状記憶弾性部材 1 はコイルバネに限られず、例えば図 6 に示すような板バネであってもよい。図 6 の例は、板バネからなる磁性形状記憶弾性部材 1 を片持ち梁状に基体 5 に取り付け、磁場発生体 2 を磁性形状記憶弾性部材 1 の近辺でその変位方向のいずれかの側に配置した構成を有する。磁場発生体 2 への通電により磁場が発生すると、磁性形状記憶弾性部材 1 は磁場による相転移が起こり変位が発生する。

【 0 0 2 9 】

図 7 は、磁性形状記憶弾性部材 1 の一端部 1 b に軟磁性体 3 が取り付けられた以外、図 5 (b) の例と同じである。軟磁性体 3 は磁場発生体 2 から磁力を受けるとともにその荷重により磁性形状記憶弾性部材 1 に補助応力として作用する。このように補助応力を用いることにより、より低磁場でアクチュエータを駆動することが可能になる。

【 0 0 3 0 】

図 8 及び図 9 は本発明のアクチュエータのさらに別の具体例を示す断面図である。図 8 のアクチュエータはコイルバネ状の磁性形状記憶弾性部材 1 と、磁性形状記憶弾性部材 1 の両端部 1 a , 1 b に固定された一対の電磁コイル等の磁場発生体 2 a , 2 b と、各磁場発生体の外側に固定された出力取り出しロッド 19 , 19 と、これらを覆う円筒形カバー 8 とを有する。

【 0 0 3 1 】

磁場発生体 2 a , 2 b は電磁コイルと、電磁コイルを支持するボビン 20 とを有する。ボビン 20 はプラスチック等の非磁性材からなり、ボビン 20 の一端にはストッパ 23 が設けられており、ボビン 20 のフランジ 21 とフランジ 22 の間に電磁コイルが巻かれている。ボビン 20 のストッパ 23 側の一端には支持部材 24 が設けられており、磁性形状記憶弾性部材の端部 1 a , 1 b は支持部材 24 の一方の面に固定され、支持部材 24 の反対側の面には出力取り出しロッド 19 , 19 が固定されている。磁

場発生体2a, 2bは、出力取り出しロッド19, 19により支持されるとともに、ベアリング14, 14により円筒形カバー8の環状突出部に移動自在に支持される。

【0032】

図9のアクチュエータの磁性形状記憶弾性部材1は、鉄製シャフト110とその両端に設けられたコイルバネ状の磁性形状記憶合金112から構成される。シャフト110の両端は支持部材111に固定されており、支持部材111の反対側の面にコイルバネ状の磁性形状記憶合金の一端112bが固定されている。コイルバネ状の磁性形状記憶合金の他の一端112aは支持部材24に固定されている。磁性形状記憶弾性部材1以外の部分は図8のアクチュエータと同じであるので説明を省略する。

【0033】

図8の場合、磁性形状記憶弾性部材1は引張りコイルバネであっても圧縮コイルバネであってもよい。例えば、磁性形状記憶弾性部材1として引張りコイルバネを用いると磁場の発生により磁性形状記憶弾性部材1は全体として引張り方向に駆動し、磁性形状記憶弾性部材1として圧縮コイルバネを用いると磁場の発生により全体として圧縮方向に駆動する。

【0034】

図9の場合、磁性形状記憶弾性部材1に用いるバネは引張りコイルバネであっても圧縮コイルバネであってもよく、両端で異なるコイルバネを用いてもよい。このように取り付けるコイルバネの種類を変えることにより駆動する方向を任意に設定することができる。例えば、両端に引張りコイルバネを用いると磁性形状記憶弾性部材1は磁場の発生により全体として引張り方向に駆動し、両端に圧縮コイルバネを用いると磁場の発生により全体として圧縮方向に駆動する。また両端に引張りコイルバネと圧縮コイルバネの異なるバネを用いると磁性形状記憶弾性部材1を全体としてどちらか一方の方向に駆動することができる。

【0035】

アクチュエータは双晶構造の再配向により3次元で生じるため、上記の例に限られず、引張り、曲げ、ねじり等の複雑な変化を与えることができる。また、磁場の強度を周期的に変えることにより磁性形状記憶弾性部材に一定の形状変化を

発生させることができ、磁場の方向を変えることによりアクチュエータの運動軌跡を制御して駆動することができる。本発明のアクチュエータは低磁場で大きなストローク及び負荷を与えるバネ等を駆動できるため、ロボット、精密工具等を小型軽量化することが可能である。

【 0 0 3 6 】

【実施例】

本発明を以下の実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

【 0 0 3 7 】

実施例 1

磁性形状記憶弾性部材として、Fe-Pd合金（Pd30原子%）からなるコイルバネを作製した。線径1.17 mmの線材を治具に巻き付けてコイルバネとした後、コイルバネを石英管に真空封入（ 10^{-5} Torr）し、電気炉を用いて1200℃で24時間加熱した。次に、油冷で0℃まで冷却してコイルバネをマルテンサイト相に相変態した後、コイルバネを圧縮して変形処理を行った。バネの諸元は以下の通りである。

コイルバネの線径：1.17 mm

バネの外径：6.83 mm

自由長さ：20 mm

ピッチ：5.05 mm

【 0 0 3 8 】

上記で得られた磁性形状記憶弾性部材 1 を図 5 (a)に示すように電磁コイルからなる磁場発生体 2 の磁場勾配中に配置した。磁性形状記憶弾性部材 1 を 0℃に冷却し、磁場発生体 2 から発生する静磁場を 1 kOeとしたとき、磁性形状記憶弾性部材 1 は下方への変位が認められた。このとき磁性形状記憶弾性部材 1 の駆動部分の磁場勾配は 1.4×10^6 Oe/mであった。次に磁性形状記憶弾性部材 1 の温度を-30℃、0℃及び25℃に設定し、各温度で静磁場を 1 ～ 5 kOeまで変化させたときの変位の変化を図 4 に示す。

【 0 0 3 9 】

図 4 に示すように磁性形状記憶弾性部材 1 の温度を 0℃に設定したとき、約 1 kOe の磁場で約 80 ppm の相転移による変位が得られた。これに対し磁性形状記憶弾性部材 1 の温度を -30℃ 及び 25℃ に設定した場合は、約 1 kOe の磁場で 25 ppm 以下の変位であった。

【 0 0 4 0 】

実施例 2

実施例 1 と同様にしてコイルバネを作製し、形状記憶処理を施して磁性形状記憶弾性部材とした。得られた磁性形状記憶弾性部材の周囲に電磁コイルを設け、アクチュエータを作製した。

【 0 0 4 1 】

線径 0.5 mm のワイヤをボビンに巻いて、厚さ 2 mm、幅 5 mm、外径 13 mm の筒状の電磁コイル 2 を作製した。電磁コイル 2 を磁性形状記憶弾性部材 1 に通したときの、電磁コイル 2 と磁性形状記憶弾性部材 1 の間隔を 1 mm とした。アクチュエータ A は、磁性形状記憶弾性部材 1 に 1 個の電磁コイル 2 を通し、電磁コイル 2 を磁性形状記憶弾性部材 1 の中央部に配置することにより作製した。アクチュエータ B は、磁性形状記憶弾性部材 1 に 2 個の電磁コイル 2 を通し、各電磁コイル 2 を磁性形状記憶弾性部材 1 の両端部に配置することにより作製した。

【 0 0 4 2 】

アクチュエータ A 及びアクチュエータ B の電磁コイル 2 へ通電したときに発生する磁場勾配の大きさを調べた。図 10(a) はアクチュエータ A における磁場勾配プロファイルを示し、図 10(b) はアクチュエータ B における磁場勾配プロファイルを示す。アクチュエータ A の磁場勾配の大きさは 3.2×10^6 Oe/m であり、アクチュエータ B の両端部における磁場勾配の大きさは 6.4×10^6 Oe/m であった。アクチュエータ B のように電磁コイルを配置した場合には、磁性形状記憶弾性部材の両端部における磁場勾配の大きさは、アクチュエータ A に比較し約 2 倍になることがわかる。このため、アクチュエータ B はアクチュエータ A に比較し、より低磁場で駆動することが可能である。

【 0 0 4 3 】

【発明の効果】

上記の通り、本発明のアクチュエータは、双晶構造を有する物質からなる磁性形状記憶弾性部材を磁場勾配中に配置するので、低磁場においても双晶構造が再配向し、磁性形状記憶弾性部材を駆動することができる。そのため、アクチュエータの応答性がよく、変位量及び発生力が大きく、かつ精密制御が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 磁場によるマルテンサイト双晶再配列の機構を示す模式図である。

【図 2】 コイル状の磁性形状記憶弾性部材を磁場に作用させた状態を示す図である。

【図 3】 磁性形状記憶弾性部材に磁場を作用させたときの磁場の強さ H に対する歪み量（変位）の変化を示すグラフである。

【図 4】 -30°C 、 0°C 及び 25°C の各温度に設定した磁性形状記憶弾性部材に磁場を作用させたときの磁場の強さ H に対する歪み量（変位）の変化を示すグラフである。

【図 5】 本発明のアクチュエータの一例を示す概略図であり、(a)は磁性形状記憶弾性部材の上端が基体に支持されている場合を示し、(b)は磁性形状記憶弾性部材の下端が基体に支持されている場合を示す。

【図 6】 本発明のアクチュエータの別の例を示す概略図であり、磁性形状記憶弾性部材が片持ち梁状に支持されている場合を示す。

【図 7】 本発明のアクチュエータのさらに別の例を示す概略図であり、磁性形状記憶弾性部材に補助応力を印加する場合を示す。

【図 8】 本発明のアクチュエータのさらに別の例を示す概略断面図であり、コイルバネ状の磁性形状記憶弾性部材を用いる場合を示す。

【図 9】 本発明のアクチュエータのさらに別の例を示す概略断面図であり、シャフトの両端にコイルバネ状の磁性形状記憶弾性部材を取り付けて用いる場合を示す。

【図 10】 本発明の一実施例によるアクチュエータに磁場を作用させたときの、アクチュエータの片側における磁場勾配プロファイルを示す概略断面図である。

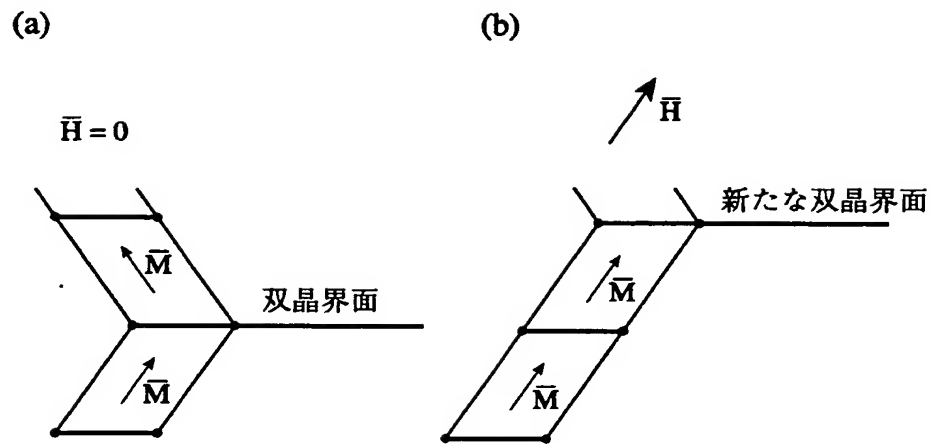
【符号の説明】

1 . . . 磁性形状記憶弾性部材

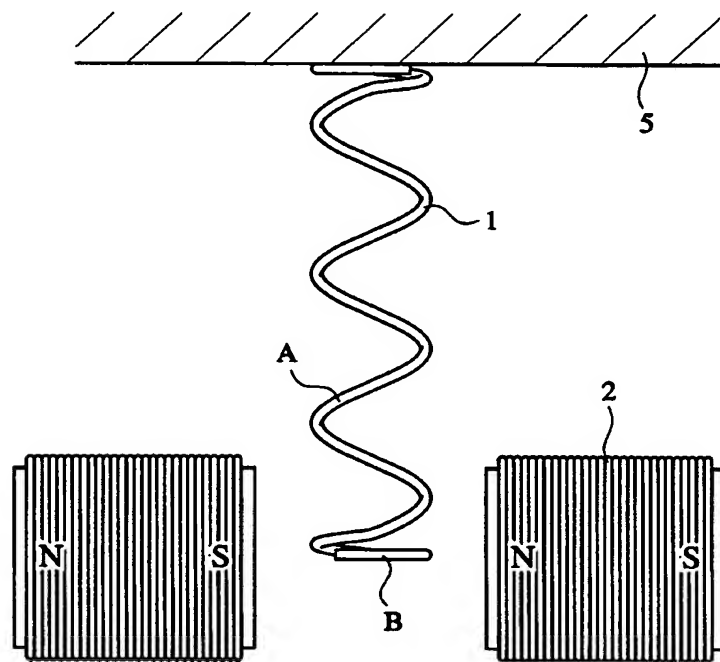
- 2, 2 a, 2 b . . . 磁場発生体
- 3 . . . 軟磁性体
- 19 . . . ロッド
- 20 . . . ボビン
- 21a . . . フランジ
- 22a . . . フランジ
- 23 . . . ストッパー
- 24 . . . 支持部材
- 5 . . . 基体
- 14 . . . ベアリング
- 110 . . . シャフト
- 111 . . . 支持部材
- 112 . . . 磁性形状記憶合金

【書類名】 図面

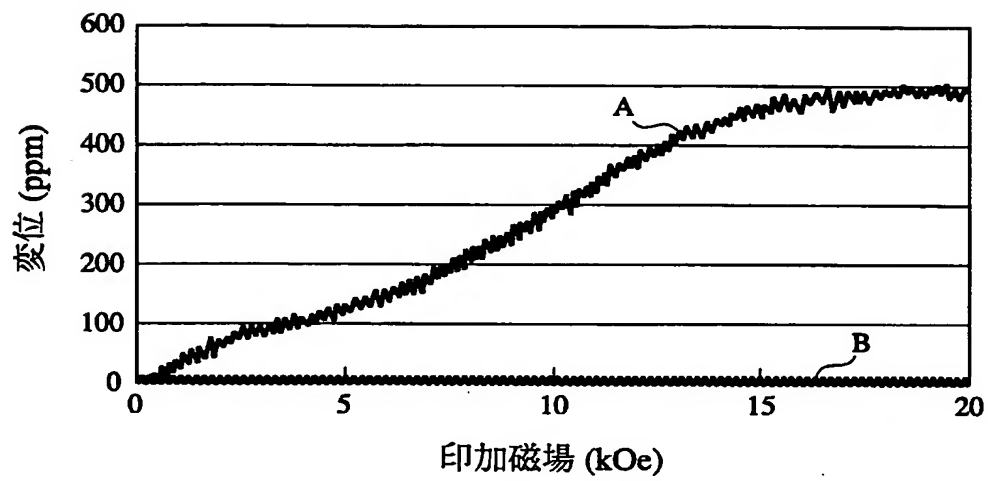
【図 1】



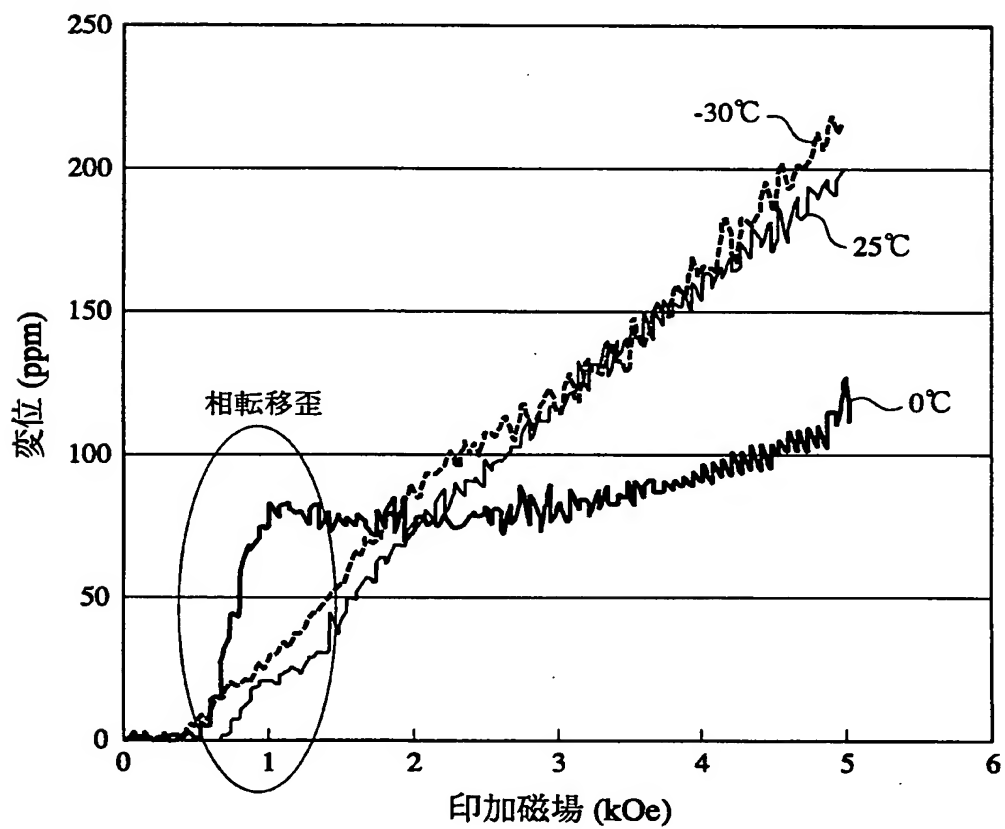
【図 2】



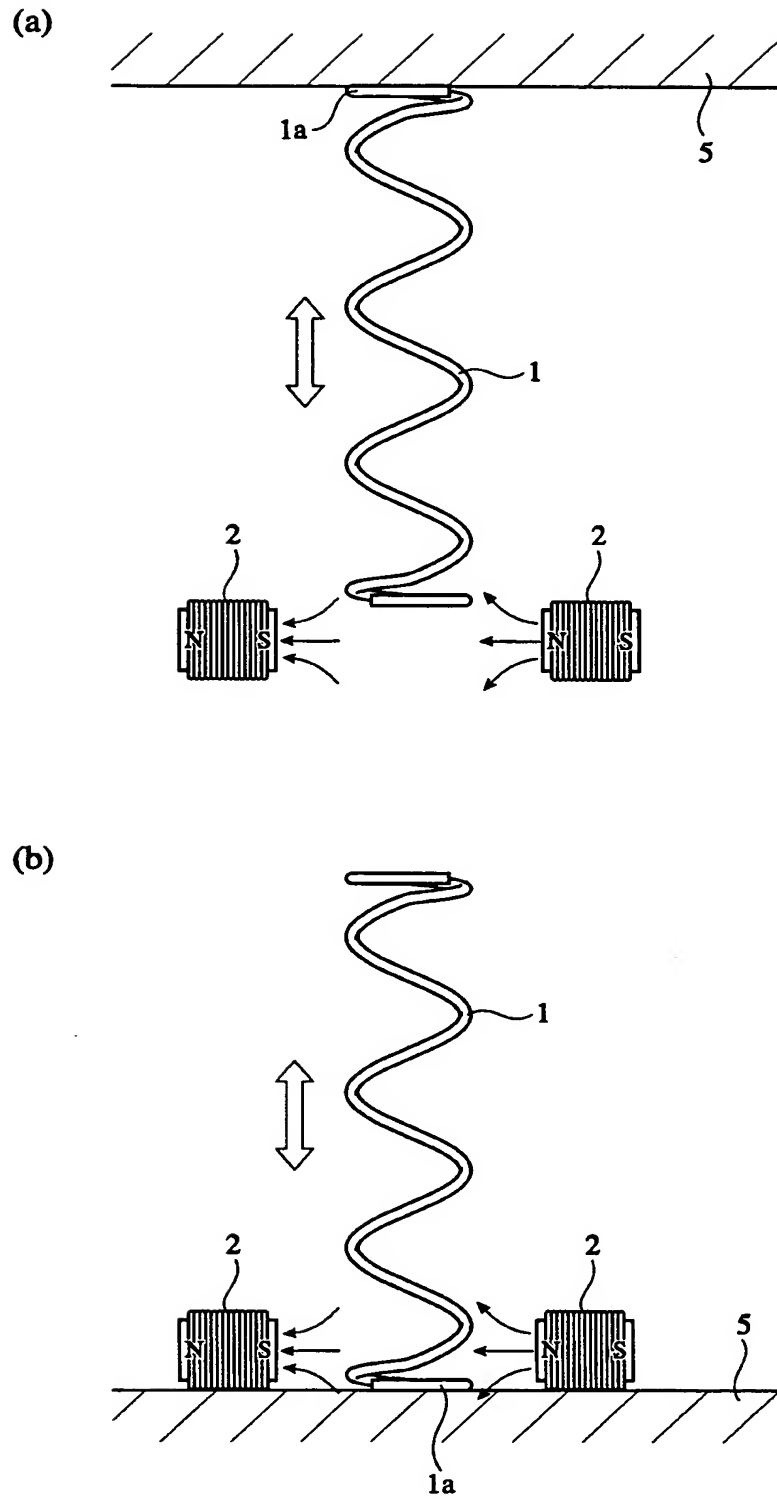
【図 3】



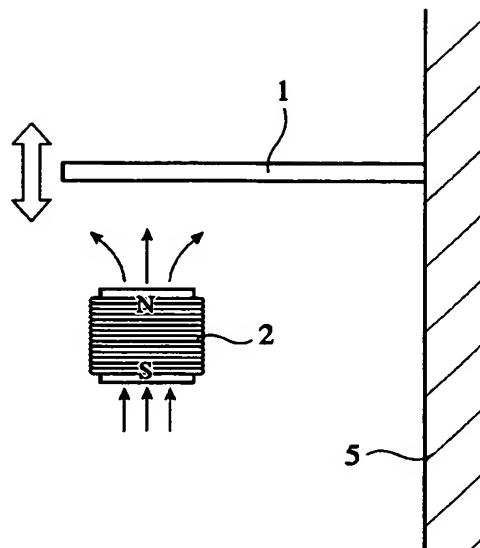
【図 4】



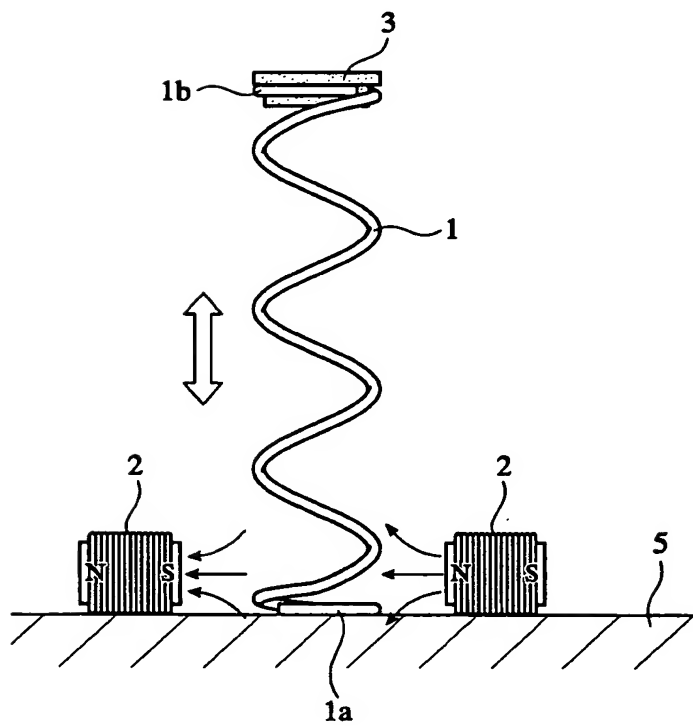
【図 5】



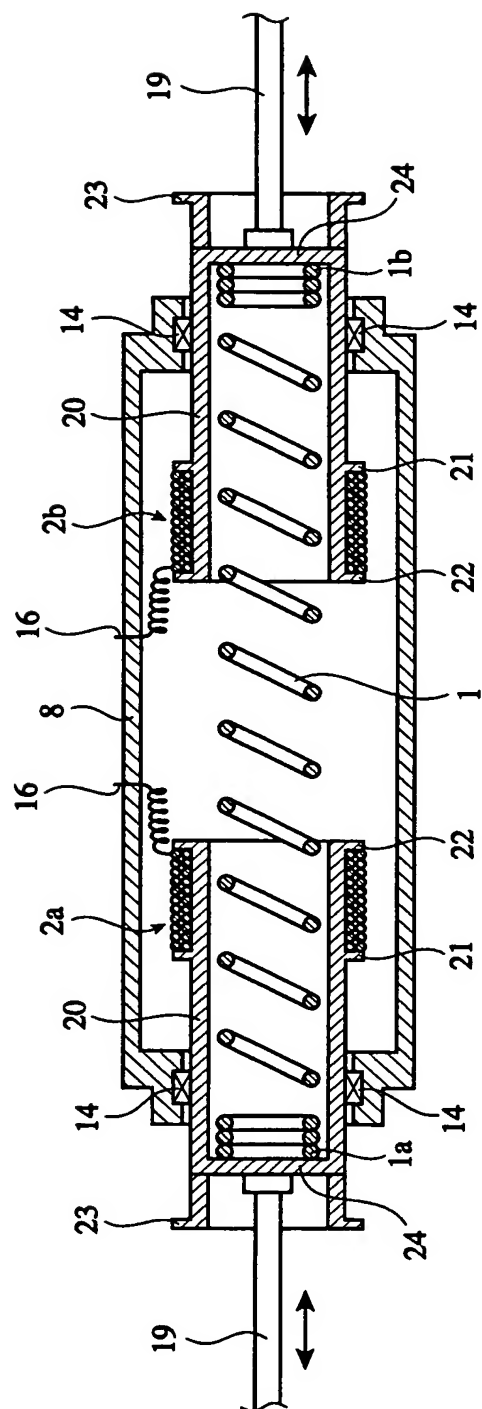
【図 6】



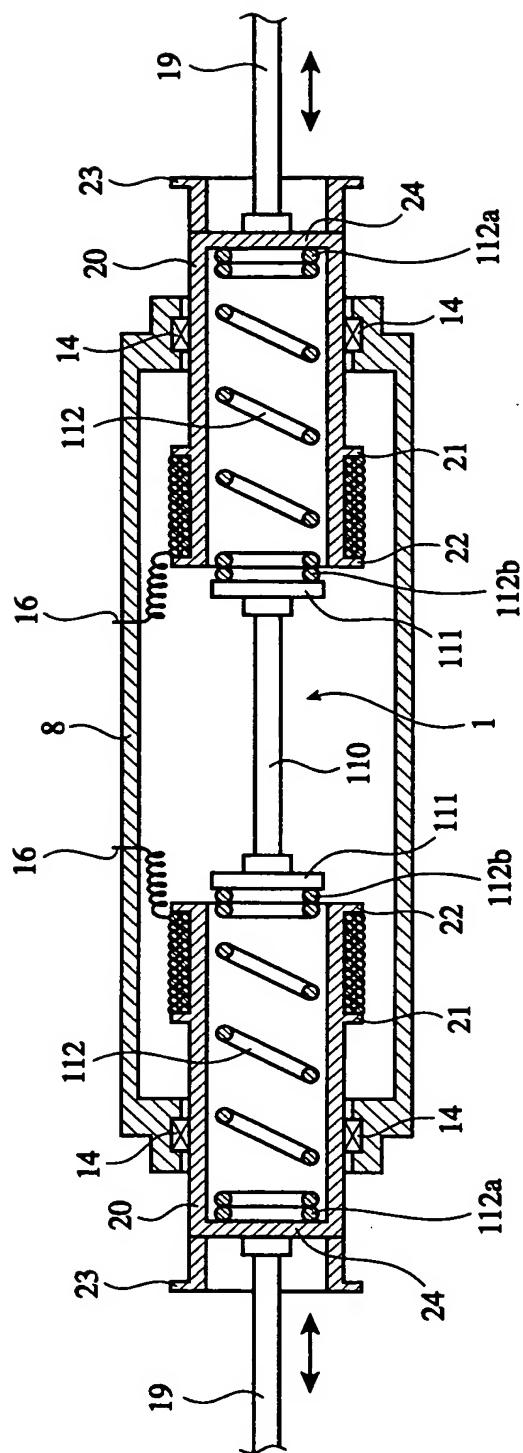
【図 7】



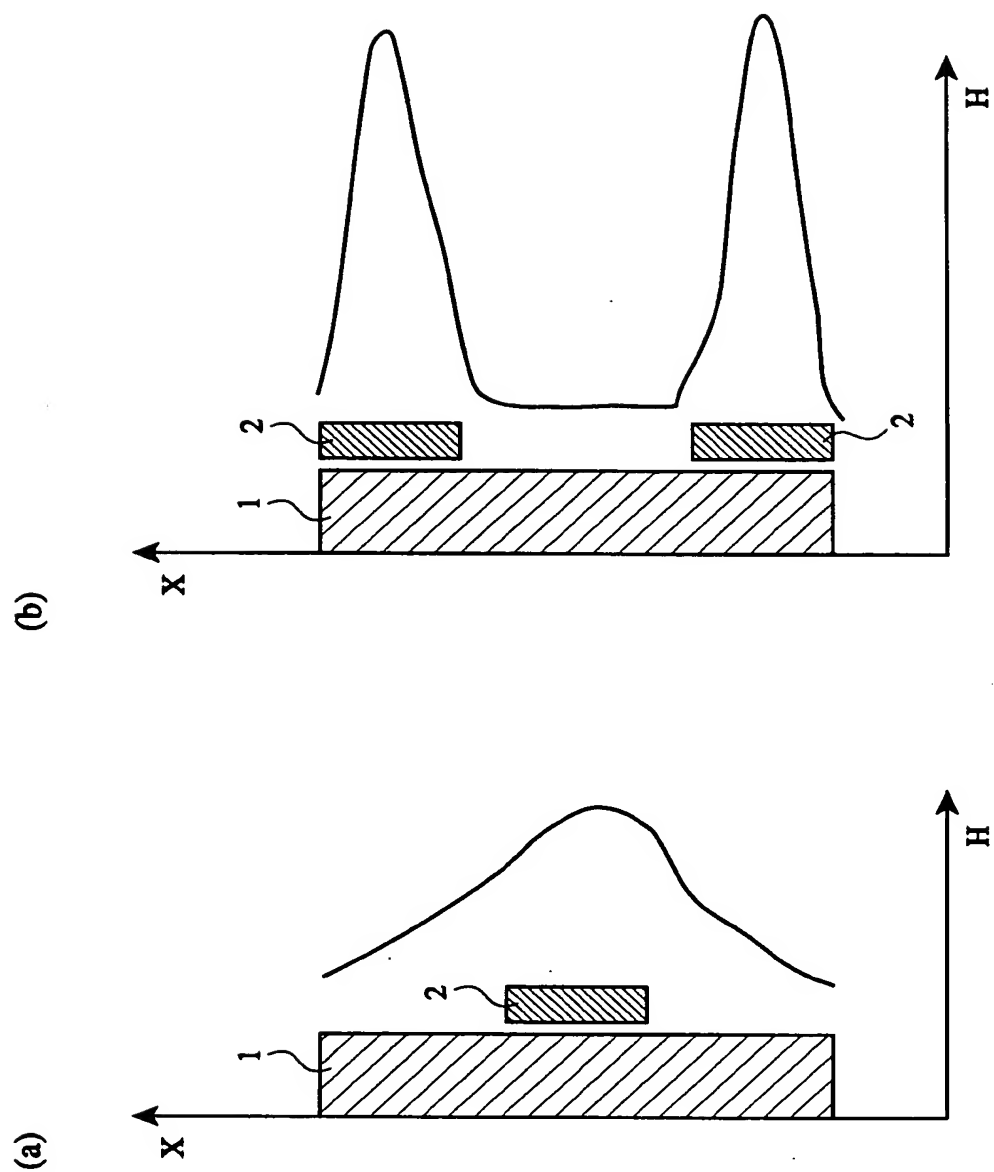
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 応答性がよく、比較的小さい印加磁場で変位量及び発生力が大きく、精密制御が可能なアクチュエータを提供する。

【解決手段】 本発明のアクチュエータは、双晶構造を有する物質からなる磁性形状記憶弾性部材と、磁場発生体とを有し、前記磁性形状記憶弾性部材の少なくとも一部は前記磁場発生体から発生する磁場の磁場勾配中に配置されており、前記磁場により前記双晶構造が再配向し、もって前記形状記憶弾性体が駆動されることを特徴とする。

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名 本田技研工業株式会社